

Penggunaan Fuzzy Logic di dalam Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) dalam Sebuah Permainan

Jonathan - 13516058¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹jonathantjandra.98@outlook.com

Abstract—Industri game saat ini berkembang sangat pesat, dengan hadirnya toko game secara online yang dapat diakses dengan mudah dari mana saja, dan juga dengan perkembangan kemampuan hardware dan kecepatan internet, maka jumlah pemain game / (gamer) akan semakin bertambah. Kecerdasan Buatan atau Artificial Intelligence menjadi semakin penting dalam sebuah game karena berfungsi sebagai tantangan bagi pemain dalam bermain game. Dalam pergerakan sebuah AI dalam game, maka terdapat banyak factor sehingga logika yang digunakan tidak bisa hanya dalam bentuk Boolean/crisp, yaitu 0 dan 1, tetapi terdapat dalam sebuah range antara 0 dan 1. Logika ini dinamakan logika fuzzy, logika ini digunakan karena fleksibilitasnya..

Keywords—Logika Fuzzy, Artificial Intelligence, Game.

I. PENDAHULUAN

Industri game saat ini berkembang sangat pesat dengan mudahnya akses internet, dan hardware yang powerful, serta kecepatan internet yang meningkat. Seiring dengan perkembangan teknologi, maka game yang dibuat pun semakin “pintar”. Ya, sebuah game memiliki Kecerdasan Buatan.

Kecerdasan Buatan ada dalam suatu game adalah sebagai tantangan jika diterapkan dalam karakter musuh, sedangkan dalam karakter pembantu adalah untuk membantu membimbing pemain dalam game. Akan tetapi, aspek penting yang ditinjau adalah decision making oleh sebuah AI (Artificial Intelligence) dalam bergerak atau merespon input dari pemain.

Dalam pembuatan sebuah keputusan tentu saja banyak factor yang harus dipertimbangkan, seperti pada dunia nyata. Sebagai implikasi dari pernyataan tersebut, maka digunakanlah logika fuzzy dalam decision making sebuah AI. Logika fuzzy sendiri adalah pengembangan dari logika Boolean atau crisp (tegas) yaitu dinyatakan bahwa sesuatu tidak hanya dinyatakan dalam bentuk “tegas”, yaitu 0 atau 1, dapat dinyatakan juga sebagai True or False, tetapi dapat dinyatakan sebagai tingkat kebenaran, sehingga range nilainya adalah antara 0 dan 1.

Fuzzy logic memungkinkan pergerakan AI menjadi lebih halus dan lebih natural dan juga dapat mempertimbangkan

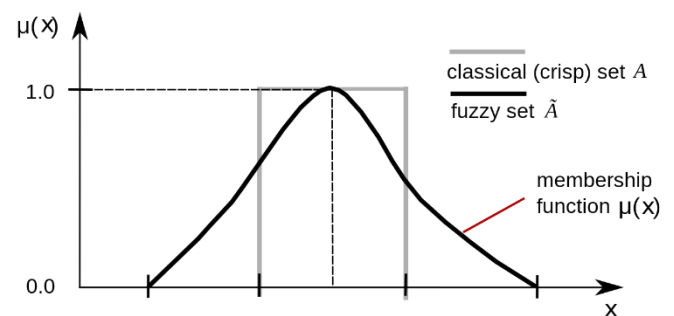
banyak factor sesuai dengan scenario atau keadaan yang ada, sehingga tidak static. Makalah ini akan menjelaskan mengenai apa itu logika fuzzy dan penggunaannya dalam AI (Artificial Intelligence) dan penerapannya dalam sebuah game.

II. TEORI DASAR

1. Definisi Logika Fuzzy

Fuzzy, dalam bahasa Inggris berarti kabur, atau tidak jelas, sehingga logika fuzzy dapat diartikan sebagai logika yang kabur, logika yang memiliki factor ketidakpastian.

Pada logika biasa/Boolean, nilai dari sesuatu adalah 0 atau 1., benar atau salah, sedangkan pada logika fuzzy terdapat nilai antara (berupa range antara 0 dan 1), disebut sebagai derajat kebenaran.



Gambar 1 : Perbedaan antara logika fuzzy dan logika crisp

Sumber :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5f/Fuzzy_crisp.svg/1280px-Fuzzy_crisp.svg.png

Dalam contoh nyata, misalkan batas umur seseorang dianggap dewasa adalah 17 tahun , menurut logika crisp maka jika seseorang memiliki umur 17 tahun kurang 1 hari maka akan dianggap tidak dewasa, namun dengan logika fuzzy maka orang tersebut dapat dianggap hampir dewasa.

2. Sejarah Singkat Logika Fuzzy

Logika fuzzy dicetuskan oleh Prof. Lotfi Aliasker Zadeh, seorang peneliti, matematikawan, ilmuwan komputer pada tahun 1965. Saat itu dicetuskan lah teori himpunan fuzzy (fuzzy set theory).



Gambar 2 : Lotfi Aliasker Zadeh
Sumber :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Zadeh%2C_L.A._2005.jpg

3. Himpunan fuzzy (fuzzy set)

Himpunan fuzzy menyatakan bahwa setiap obyek/unsur memiliki derajat keanggotaan. Dimana derajat keanggotaan ini menunjukkan bahwa obyek tersebut terdapat di dalam semesta dengan nilai yang tidak hanya 0 dan 1, tetapi juga diantaranya.

Hal ini disebabkan karena himpunan fuzzy sebagai perluasan dari fungsi karakteristik sehingga fungsi tersebut hanya memuat bilangan real dalam interval [0,1]. Dengan demikian, nilai kebenaran suatu obyek adalah 1 untuk benar, 0 untuk salah, dan ada nilai lain di antara benar atau salah.

4. Fungsi keanggotaan (membership function)

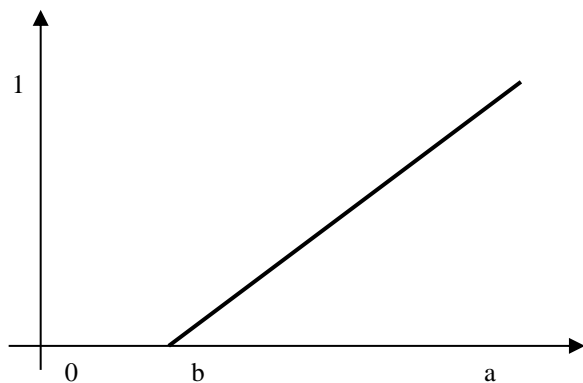
Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam derajat keanggotaannya (derajat berada dalam interval [0,1]).

Dapat dinyatakan dalam notasi :

$$\mu : R \rightarrow [0,1]$$

Representasi fungsi dapat dibuat dalam berbagai bentuk :

a. Representasi Linear



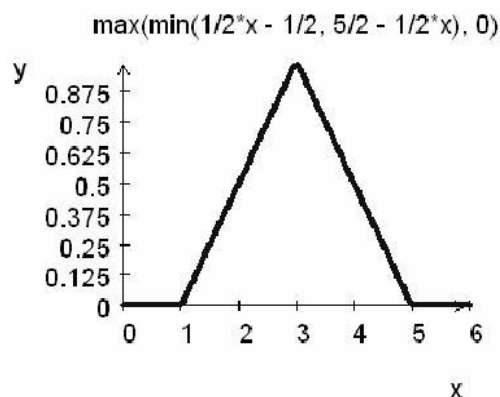
Gambar 3. Representasi fungsi keanggotaan linear naik

Sumber :
<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/27437/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \frac{x-b}{a-b}$$

b. Representasi Kurva Segitiga



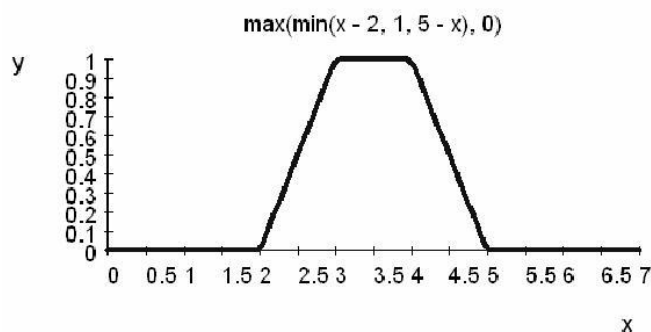
Gambar 4. Representasi fungsi keanggotaan segitiga
Sumber :

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/27437/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \max\left(\min\left(\frac{h-c+x}{h}, \frac{c+h-x}{h}\right), 0\right)$$

c. Representasi Kurva Trapesium



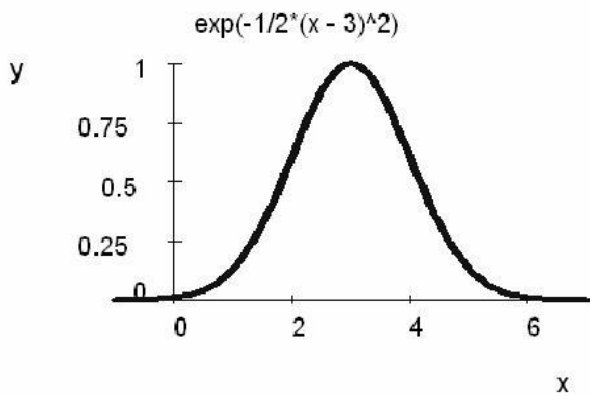
Gambar 5. Representasi fungsi keanggotaan trapesium
Sumber :

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/27437/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{d-x}{d-c}\right), 0\right)$$

d. Representasi kurva Gauss :



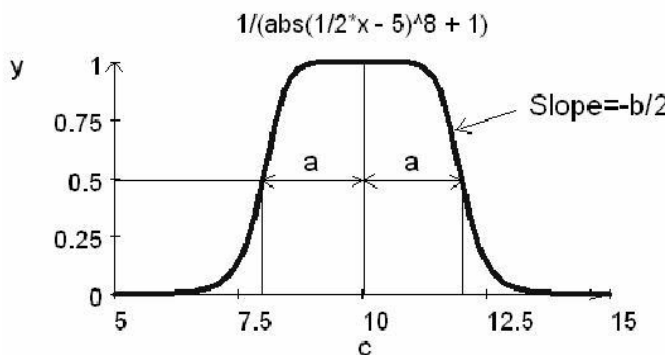
Gambar 6. Representasi fungsi keanggotaan Gauss
Sumber :

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/27437/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = e^{-\frac{(x-c)^2}{2s^2}}$$

e. Kurva bentuk lonceng (generalized bell)



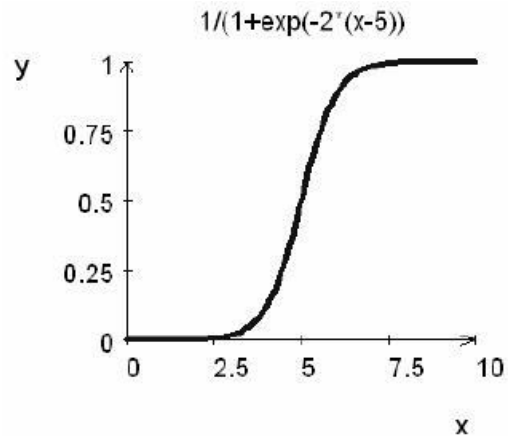
Gambar 7. Representasi fungsi keanggotaan bentuk lonceng
Sumber :

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/27437/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \frac{1}{\left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b} + 1}$$

f. Representasi kurva sigmoid



Gambar 8. Representasi fungsi keanggotaan sigmoid
Sumber :

<http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/27437/Chapter%20II.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \frac{1}{e^{-a(x-c)} + 1}$$

5. Operasi Dasar pada Logika Fuzzy

a. Penjumlahan

$\mu_{A+B}(z) = \sup_{x+y=z} \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$
 Sehingga penjumlahan pada fuzzy set anggotanya adalah A+B, tetapi derajatnya minimum dari obyek yang ditambahkan. Jika ditambah dengan bilangan real, semua obyeknya ditambahkan dengan bilangan real tersebut.

b. Pengurangan

$\mu_{A-B}(z) = \sup_{x-y=z} \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$
 Sama seperti penjumlahan, tetapi obyeknya adalah A-B, jika dioperasikan dengan bilangan real, maka semua obyek dikurangi bilangan tersebut

c. Perkalian

$\mu_{A.B}(z) = \sup_{x,y=z} \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$
 Sama seperti penjumlahan dan pengurangan, obyeknya adalah A.B, jika dioperasikan dengan bilangan real maka semua obyek dikalikan dengan bilangan tersebut.

d. Pembagian

$\mu_{A/B}(z) = \sup_{x/y=z} \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$
 Sama seperti penjumlahan dan pengurangan, obyeknya adalah A/B, jika dioperasikan dengan bilangan real maka semua obyek dibagi dengan bilangan real tersebut.

e. Komplemen

Bekerja seperti operasi NOT pada Aljabar Boolean, mengurangi 1 dengan derajat tiap obyek dan menjadi derajat yang baru.

$$\mu_A'(x) = 1 - \mu_A(x)$$

f. Gabungan

Bekerja seperti operator AND pada Aljabar

Boolean, tetapi mengambil derajat terkecil

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

g. Irisan

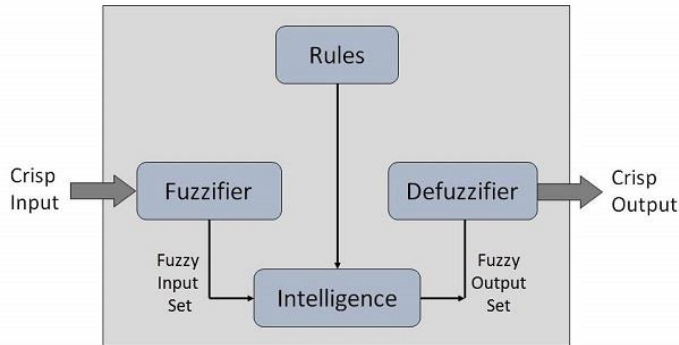
Bekerja seperti operator OR pada Aljabar Boolean, dengan mengambil derajat terbesar

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

III. SISTEM LOGIKA FUZZY

Tentu saja, logika fuzzy memiliki inference engine/mesin inferensi/mesin penalaran.

Dan diagramnya adalah sebagai berikut :



Gambar 9. Diagram Fuzzy

Sumber :

https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/images/fuzzylogic_system.jpg

Terdapat tiga bagian yaitu :

a. Modul Fuzzifier

Modul ini mengubah crisp input dari logika tegas menjadi fuzzy set. Jadi modul ini membentuk himpunan fuzzy sebagai contoh misalnya terdapat klasifikasi temperature :

$Temp(T) : \{very_cold, cold, warm, very_warm, hot\}$.

Jadi modul ini membentuk fuzzy set dari variable bahasa / linguistic variables.

Notasi : $x \rightarrow \mu(x)$ {Fuzzification}

b. Intelligence

Intelligence berisi Inference Engine, yang berisi Rule-rule atau Aturan yang harus diterapkan terhadap data fuzzy dari modul fuzzifier, dan knowledge atau pengetahuan yang telah diletakkan pada Knowledge Base/ Basis Pengetahuan/ KB. KB bisa berbentuk table. Rule yang dibuat adalah dalam bentuk IF-THEN-ELSE. Selain itu dilakukan juga inferensi/penalaran yang bisa dilakukan dengan 3 tipe, menggunakan Gabungan dan Irisan untuk menemukan nilai max dan min.

Max (Irisan) : $\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$

Min (Union) : $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$

Hasilnya masih berupa derajat, atau fuzzy value.

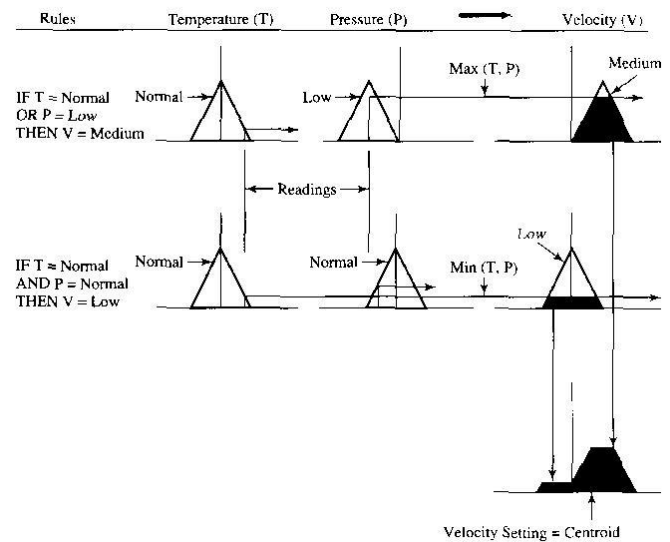


FIGURE 13.8 Max-min inference for multiple rules.

Gambar 10. Derivasi Max Min pada Fuzzy Logic

Sumber :

<http://i.cs.hku.hk/~kpchan/cs23270/5.expert/sva6ja6p.jp>

g

c. Defuzzifier

Defuzzifier berisi pengubah dari nilai fuzzy ke crisp value agar hasil pastinya bisa diketahui.

Notasi : $\mu(x) \rightarrow x$ {Defuzzification}

IV. KELEBIHAN DAN KEKURANGAN METODE FUZZY

Keunggulan dari logika fuzzy, adalah:

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti karena menggunakan dasar teori himpunan, sehingga konsep matematisnya cukup mudah untuk dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel, sehingga dapat beradaptasi sesuai kondisi data dan ketidakpastiannya.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data yang tidak sesuai.
4. Logika fuzzy dapat membangun expert system dan mengaplikasikannya secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
5. Logika fuzzy didasari pada bahasa alami.

Sementara kekurangan fuzzy adalah :

1. Belum adanya standarisasi penggunaan fuzzy sehingga pemilihan model inferensi/penalaran harus di research kembali sesuai data yang digunakan karena masing-masing model penalaran memiliki kekuatan dan kelemahan masing-masing.
2. Pengubahan dari bahasa ke nilai fuzzy harus dipertimbangan klasifikasinya tiap kasus. Dibutuhkan berapa pembeda.
3. Bentuk fungsi keanggotaan dan Aturan yang digunakan belum standar karena data yang digunakan bermacam-macam dan butuh pendekatan yang berbeda (misalnya

temperature dengan intensitas cahaya).

V. APLIKASI DALAM GAME



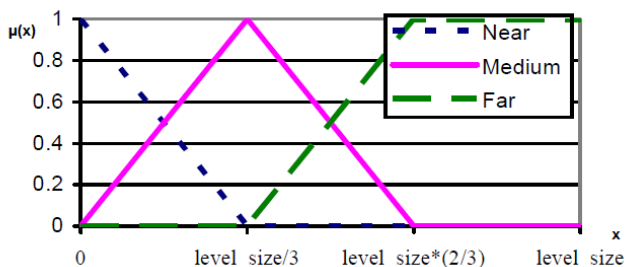
Gambar 11. Pac-Man

Sumber : <https://nerdist.com/wp-content/uploads/2016/11/pacman-screenshot.jpg>

Game yang ditinjau adalah Pac-Man, Dalam game pac-man objektifnya adalah simple, pac-man harus dapat memakan semua pellet putih yang ada pada stage. Untuk power-up terdapat big pellet yang dapat digunakan untuk memakan para hantu selama power-up itu aktif. Dalam game aslinya, perilaku NPC adalah menggunakan crisp, akan tetapi terdapat pengembangan oleh Adnan Shaout, Brady King, dan Luke Reisner dari University of Michigan, USA yang meremake Pac-Man dengan fuzzy logic. Perilaku NPC atau hantu ini ditentukan oleh fuzzy logic.

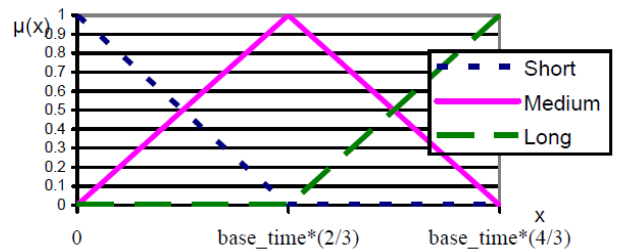
Jika perilaku NPC menggunakan logika crisp maka akan aneh karena status yang ada hanyalah 1 dan 0, sehingga hantu akan diam atau bergerak sangat cepat sesuai dengan posisi Pac-Man sekarang. Contoh dalam Pac-Man adalah rule-rule untuk behavior/perilaku dari ghost itu sendiri, baik saat memburu Pac-man/Hunting, menyelamatkan diri / defense, Pergerakan hantu ini juga didasari oleh kemampuan pemain, yang diukur dengan fuzzy value juga dengan rule yang dilihat berdasarkan waktu yang tersisa dan pellet yang telah dimakan.

Fungsi keanggotaan untuk game Pac-man adalah sebagai berikut :



Gambar 12. Fungsi keanggotaan jarak

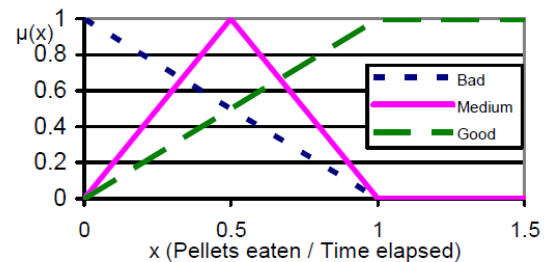
Sumber : <http://ccis2k.org/iajit/PDF/vol.3,no.4/7-Adnan.pdf>



Gambar 13. Fungsi keanggotaan waktu pellet

Sumber : <http://ccis2k.org/iajit/PDF/vol.3,no.4/7-Adnan.pdf>

Dengan demikian, maka perilaku NPC/hantu dapat ditentukan, selain itu karena terdapat tingkat kesulitan maka, terdapat juga fungsi fuzzy untuk memenentukannya dari kecepatan memakan pellet dan waktu yang tersisa.



Gambar 14. Fungsi keanggotaan kecepatan memakan pellet

Sumber : <http://ccis2k.org/iajit/PDF/vol.3,no.4/7-Adnan.pdf>

Tabel pemilihan perilaku :

Table 1. Behavior selection example.

Behavior	Defuzzified Output	Weight	Final Output
Hunting Approach	0.5	4	2
Defense Approach	1	1	1
Shy Ghost Approach	0.2	1	0.2
Random Approach	0.1	2	0.2

Sumber : <http://ccis2k.org/iajit/PDF/vol.3,no.4/7-Adnan.pdf>

Hasil dari menggunakan fuzzy logic pada Pac-Man adalah dimungkinkannya banyak tingkat kesulitan, tidak hanya 1, selain itu banyak data yang bisa disimpan sehingga jalannya game bisa tergantung hasil sesi sebelumnya (apakah kalah terus-menerus, atau skill pemain tinggi), dan juga pergerakan hantu yang lebih natural.

Para pembuat modifikasi ini juga melakukan survey kepada para pemain yang memainkan game modifikasi ini dan hasilnya lebih baik dibandingkan versi aslinya.

Table 3. Player ratings of fuzzy vs. original Pac-Man.

Criterion	Fuzzy Pac-Man	Original Pac-Man
Difficulty on "Easy"	2.3	N/A
Difficulty on "Medium"	5.4	7.8
Difficulty on "Hard"	9.1	N/A
Ghost Predictability	8.2	6.4
Ghost Adaptability	9.0	2.8
Ghosts Feel Human?	6.3	3.7
Fun	7.1	6.5
Overall Impression	7.8	6.6

Sumber : <http://ccis2k.org/iajit/PDF/vol.3,no.4/7-Adnan.pdf>

VI. KESIMPULAN

- 1) Fuzzy logic adalah logika yang memiliki ketidakpastian didalamnya
- 2) Nilai suatu obyek dalam fuzzy logic dinyatakan dalam sebuah derajat keanggotaan
- 3) Sistem logika fuzzy memiliki 3 bagian yaitu Fuzzifier, Intelligence+KB, serta Defuzzifier
- 4) Implementasi Fuzzy dalam sebuah Game dapat mengubah perilaku AI/NPC dalam suatu game menjadi lebih natural

REFERENCES

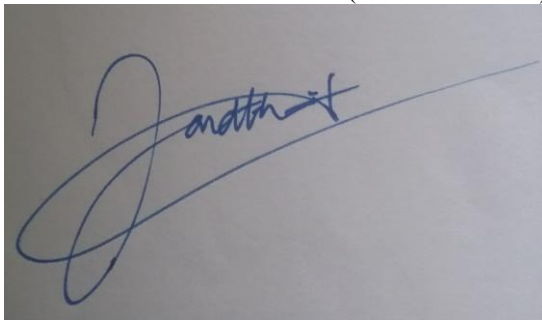
- [1] <http://ccis2k.org/iajit/PDF/vol.3,no.4/7-Adnan.pdf> Diakses tanggal 3 Desember 2017
- [2] <http://informatika.web.id/logika-fuzzy.htm> Diakses tanggal 2 Desember 2017
- [3] https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligence_fuzzy_logic_systems.htm Diakses tanggal 3 Desember 2017
- [4] <http://repository.usu.ac.id/bitstream/handle/123456789/31634/Chapter%20II.pdf;jsessionid=2ADC694AA097A6C66B49040643EB55B0?sequence=3> Diakses tanggal 3 Desember 2017

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 3 Desember 2017

Ttd (scan atau foto ttd)



Jonathan - 13516058